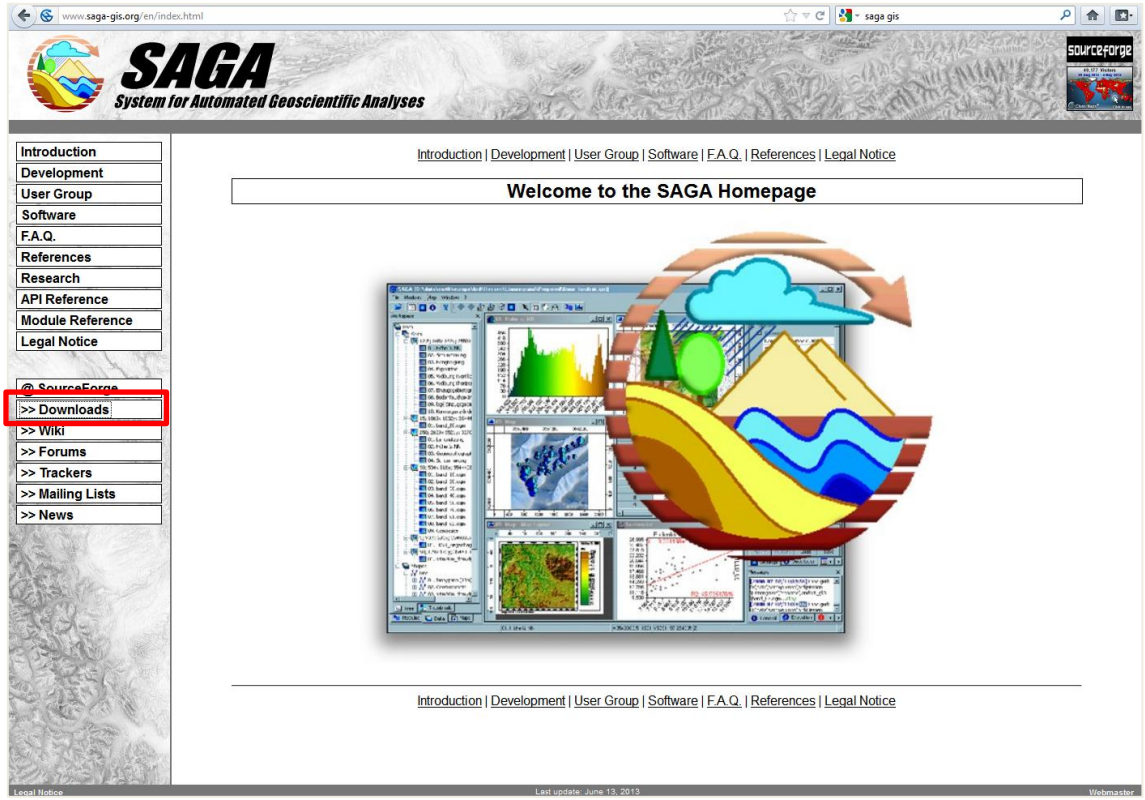
El módulo del programa informático "*Modelo hidrológico DR2-2013© SAGA v1.0*" compilado en el archivo "dr2.dll" es de libre descarga, instalación y uso, quedando bajo protección y registro la totalidad del código de los archivos que componen el módulo: Autores: Manuel López Vicente (EEAD-CSIC), Teresa López Montero (EEAD-CSIC) y Ana María Navas Izquierdo (EEAD-CSIC); Número de registro del Acta Notarial de Depósito: 1734/2013; Fecha de firma del Acta Notarial de Depósito: 12/09/2013; Notario: D. Salvador Miras Gómez como sustituto de D. Miguel Ángel Rodríguez García; Lugar: Madrid, España; Representante del CSIC: D. Javier Echave Oria (Jefe de Servicio con destino en la Vicepresidencia de Ciencia y Tecnología de la Agencia Estatal CSIC); Duración: 4 años desde la fecha de firma, con posibilidad de renovación anual.

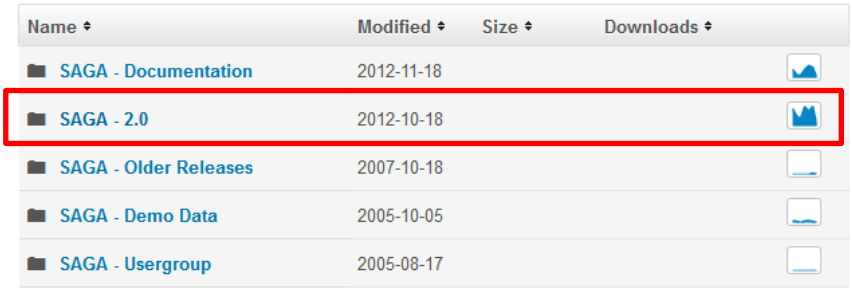
Guía de instalación y Breve guía de uso

1. Instrucciones de instalación:

Para instalar el módulo *DR2-2013© SAGA v1.0*, en primer lugar deberemos instalar la aplicación gratuita *SAGA© 2.0.8*. Este software se encuentra disponible en la página oficial de SAGA: http://www.saga-gis.org/en/index.html. Dentro de la página oficial de SAGA hacemos clic en la pestaña *Downloads* situada en la parte izquierda de la página:

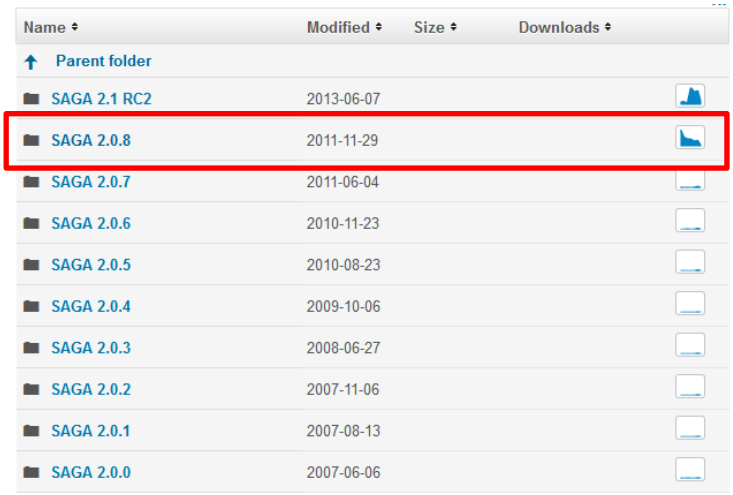


Una vez accedemos a la página de *Downloads* haremos clic sobre *SAGA - 2.0*:



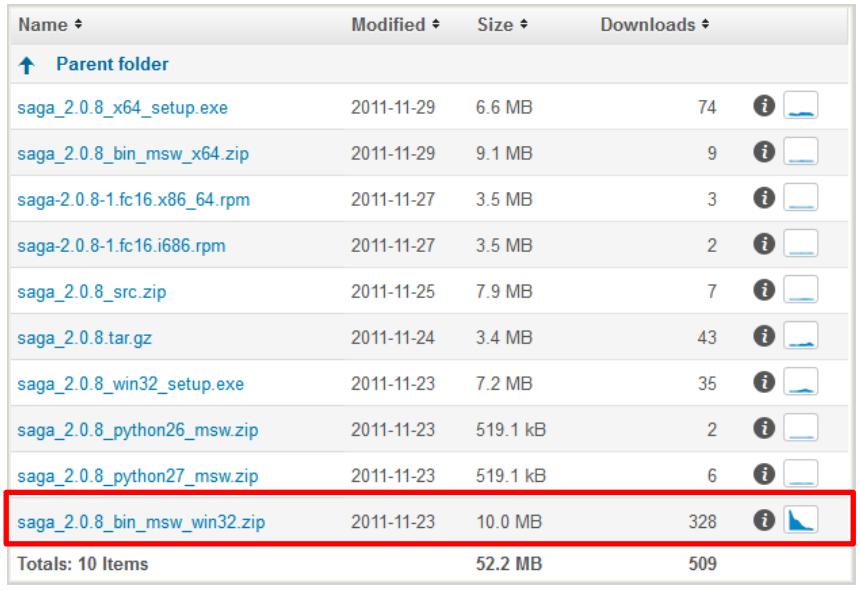
Name	Modified	Size	Downloads
SAGA - Documentation	2012-11-18		
SAGA - 2.0	2012-10-18		
SAGA - Older Releases	2007-10-18		
SAGA - Demo Data	2005-10-05		
SAGA - Usergroup	2005-08-17		

Aparecerá una nueva página con las distintas versiones de SAGA que se encuentran disponibles. Se recomienda descargar la versión *SAGA© 2.0.8*, ya que es desde la cual se ha desarrollado e implementado el módulo *DR2-2013© SAGA v1.0*:



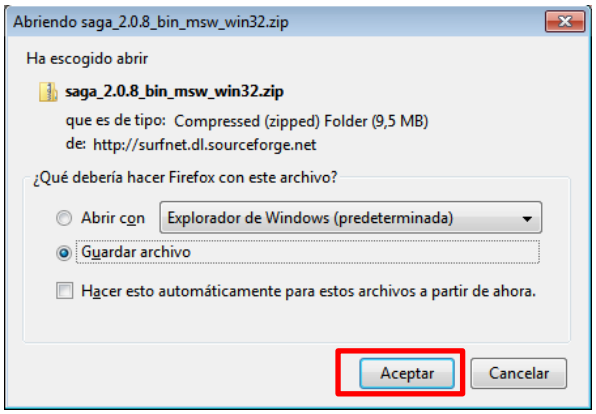
Name	Modified	Size	Downloads
Parent folder			
SAGA 2.1 RC2	2013-06-07		
SAGA 2.0.8	2011-11-29		
SAGA 2.0.7	2011-06-04		
SAGA 2.0.6	2010-11-23		
SAGA 2.0.5	2010-08-23		
SAGA 2.0.4	2009-10-06		
SAGA 2.0.3	2008-06-27		
SAGA 2.0.2	2007-11-06		
SAGA 2.0.1	2007-08-13		
SAGA 2.0.0	2007-06-06		

Dentro de *SAGA© 2.0.8* aparecerán distintos archivos relacionados con esta versión. El único archivo necesario será *saga_2.0.8_bin_msw_win32.zip*:

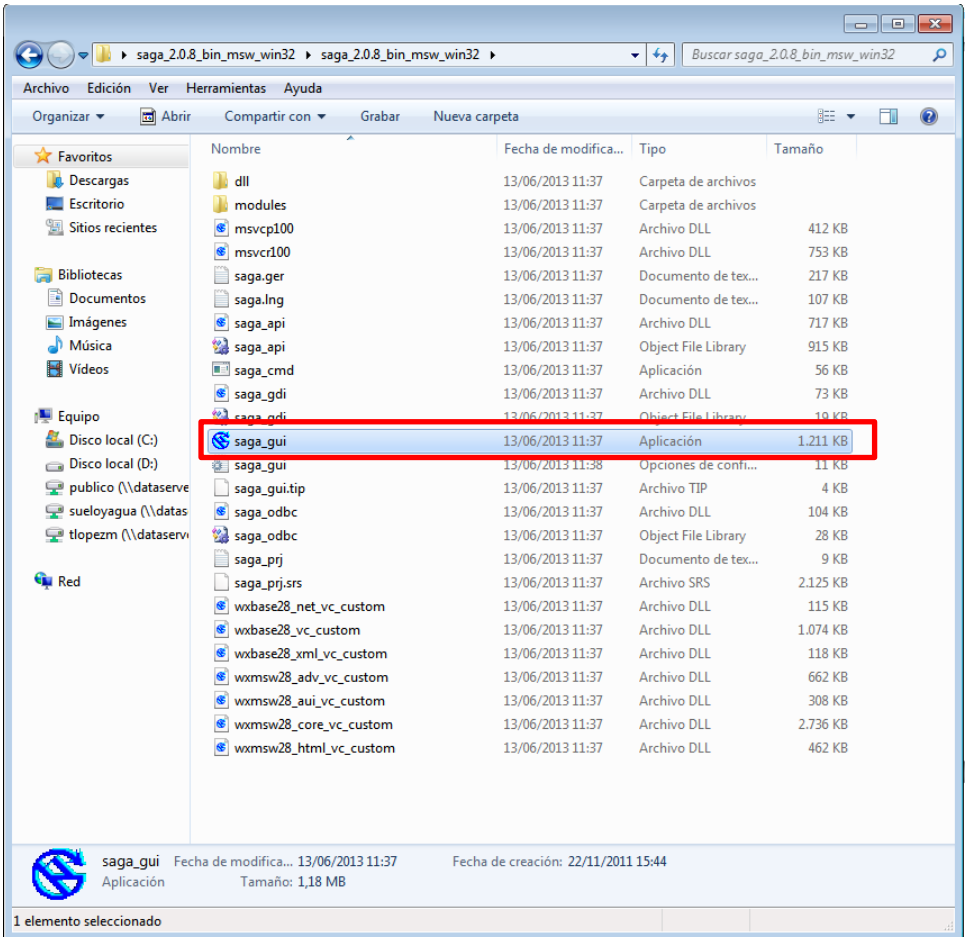


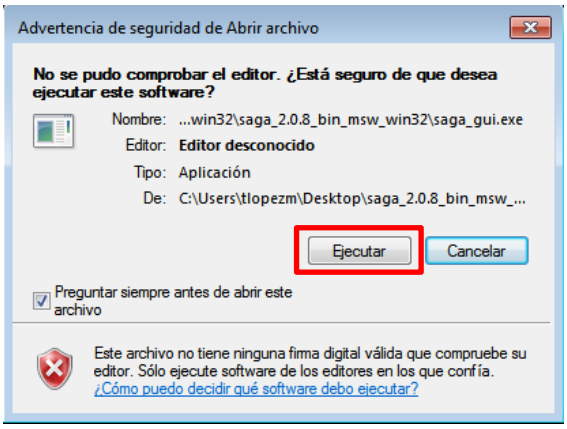
Name	Modified	Size	Downloads
Parent folder			
saga_2.0.8_x64_setup.exe	2011-11-29	6.6 MB	74
saga_2.0.8_bin_msw_x64.zip	2011-11-29	9.1 MB	9
saga-2.0.8-1.fc16.x86_64.rpm	2011-11-27	3.5 MB	3
saga-2.0.8-1.fc16.i686.rpm	2011-11-27	3.5 MB	2
saga_2.0.8_src.zip	2011-11-25	7.9 MB	7
saga_2.0.8.tar.gz	2011-11-24	3.4 MB	43
saga_2.0.8_win32_setup.exe	2011-11-23	7.2 MB	35
saga_2.0.8_python26_msw.zip	2011-11-23	519.1 kB	2
saga_2.0.8_python27_msw.zip	2011-11-23	519.1 kB	6
saga_2.0.8_bin_msw_win32.zip	2011-11-23	10.0 MB	328
Totals: 10 Items		52.2 MB	509

Guardamos la carpeta *saga_2.0.8_bin_msw_win32.zip*:

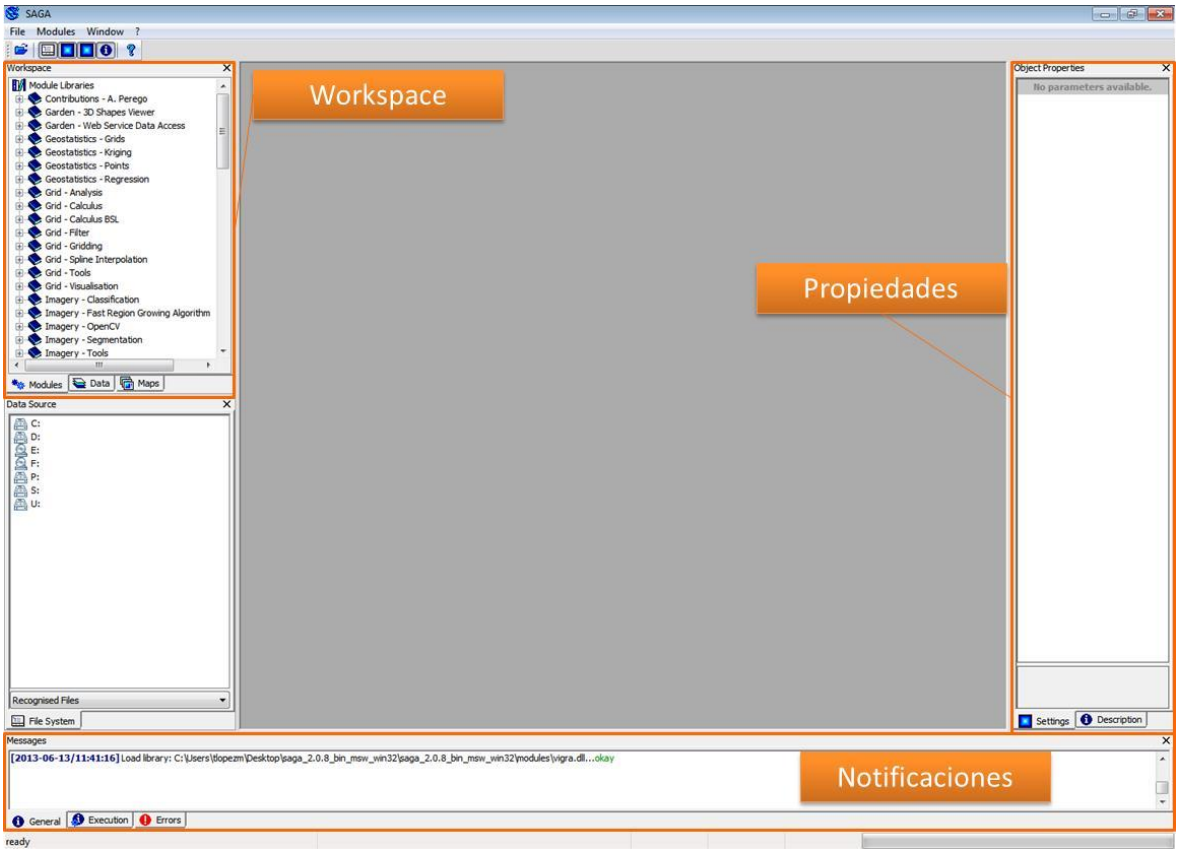


Esta carpeta se encuentra comprimida, para poder ejecutar la aplicación será necesario descomprimir la carpeta. Una vez descomprimida ya tendremos el programa *SAGA© 2.0.8* preparado para su utilización. Para abrir la aplicación hacemos clic en el icono *saga_gui* que se encuentra dentro de la carpeta descomprimida:

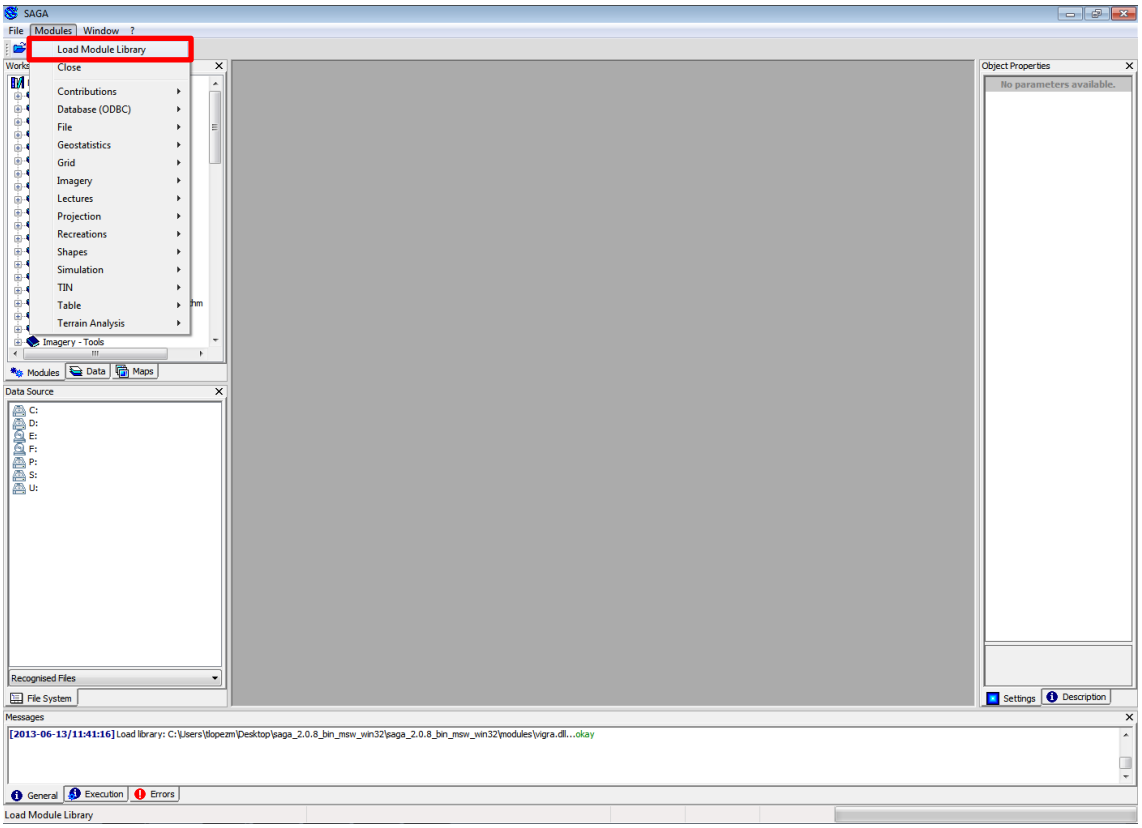




Al ejecutar la aplicación de *SAGA© 2.0.8* aparecerá la ventana inicial de trabajo tal y como se puede ver a continuación:



Una vez disponible y abierta la aplicación *SAGA© 2.0.8* es necesario cargar el módulo *DR2-2013© SAGA v1.0* dentro de este. Para cargar el módulo pinchamos en la pestaña *Modules->Load Module Library*:

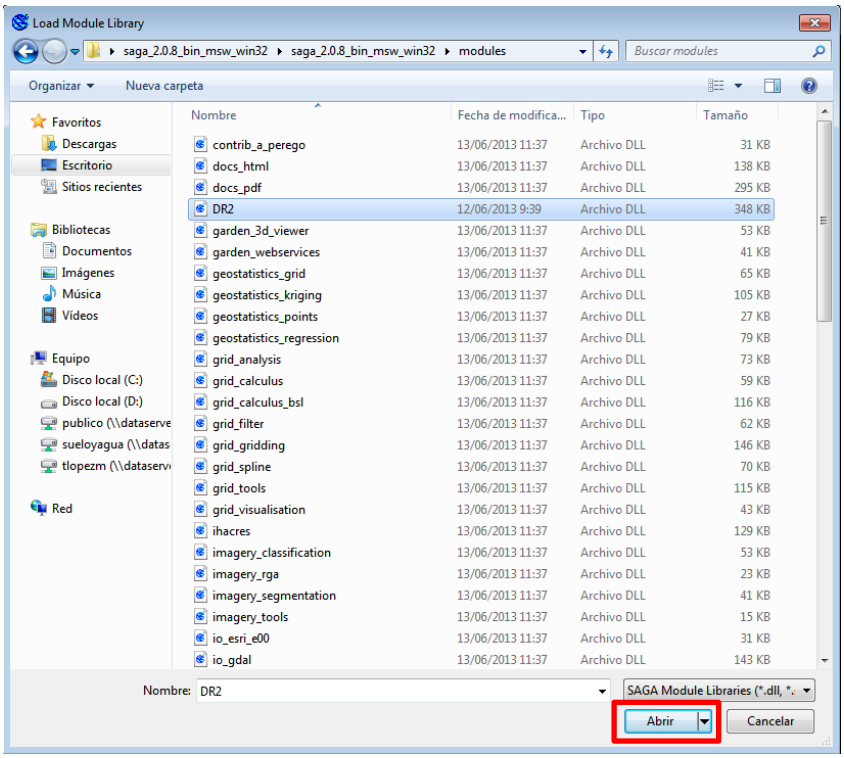


A continuación, buscamos la ruta en la cual se encuentra guardado el archivo ***DR2.dll*** que corresponde al programa *DR2-2013© SAGA v1.0*.

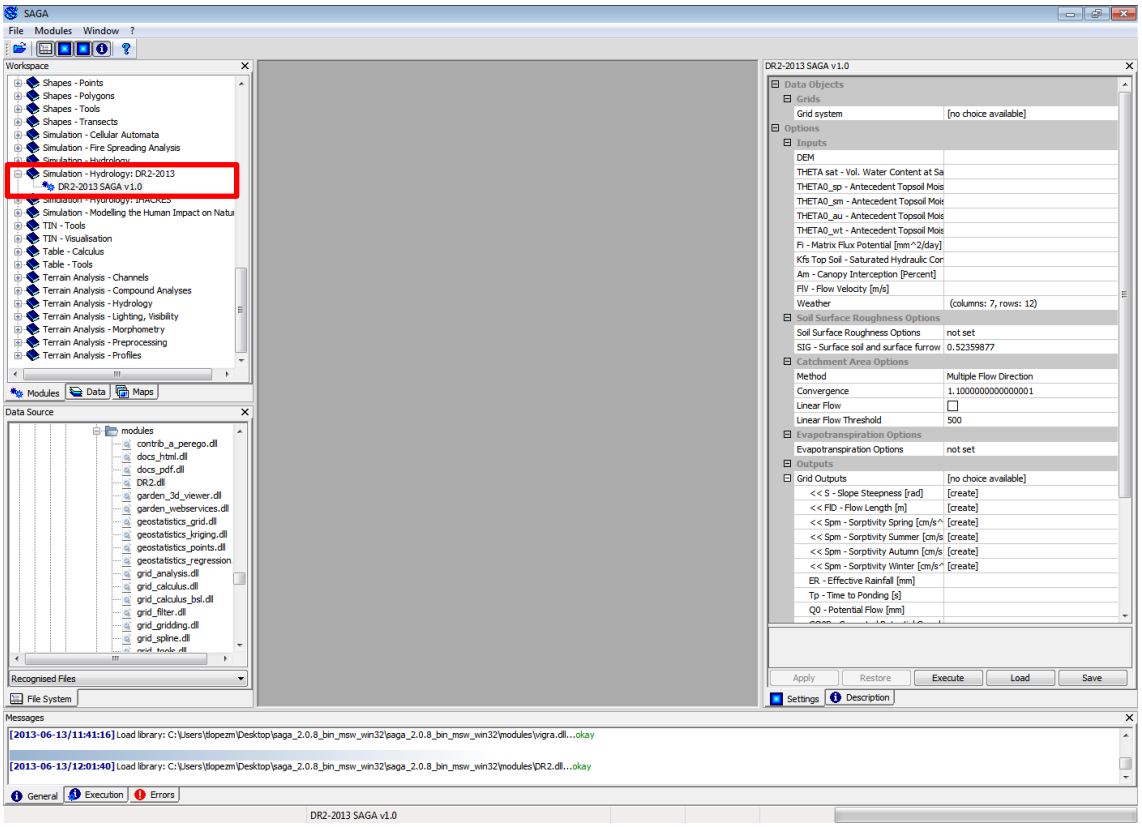
Nota importante: Se recomienda guardar este archivo en la misma ruta en la cual se encuentran los demás módulos que aparecen instalados en *SAGA© 2.0.8* por defecto. Estos módulos se encuentran en la siguiente ruta:

\saga_2.0.8_bin_msw_win32\saga_2.0.8_bin_msw_win32\modules

Una vez buscada la ruta del módulo, hay que pulsar el botón *abrir* para cargar el módulo en la aplicación:



Tras realizar esta operación aparecerá un nuevo módulo en el *Workspace* de *SAGA© 2.0.8* con el nombre "*Simulation – Hydrology: DR2-2013*" dentro del cual se encuentra el módulo *DR2-2013© SAGA v1.0*:



Al cargar el módulo de *DR2-2013© SAGA v1.0* puede aparecer el siguiente error:

```
"Failed to load shared library '.../modules/DR2.dll' (error 126: the
specified module could not be found.).
```

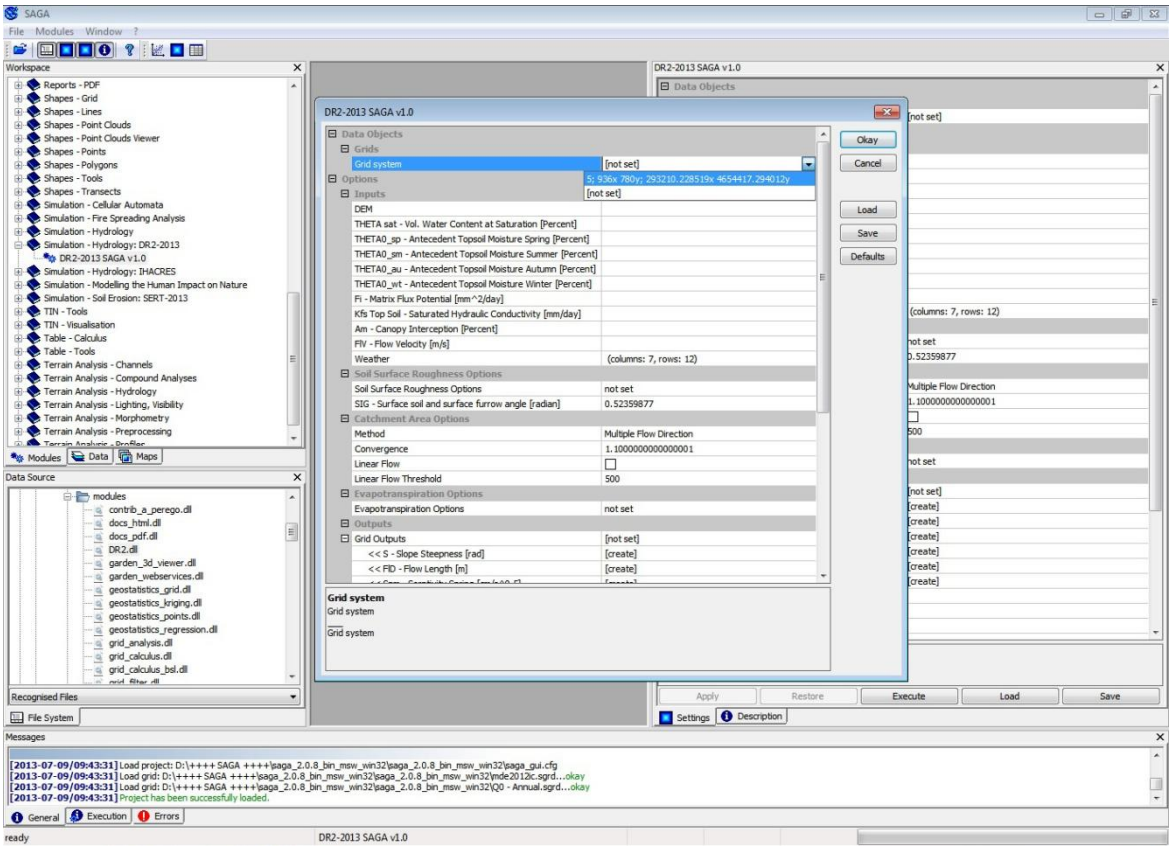
La razón más probable de este problema se debe a que SAGA no encuentra el conjunto de bibliotecas de *Microsoft VC++ Redistributable 2010*. Por lo tanto, será necesario instalar el paquete correspondiente. Este paquete se puede descargar desde la siguiente dirección:

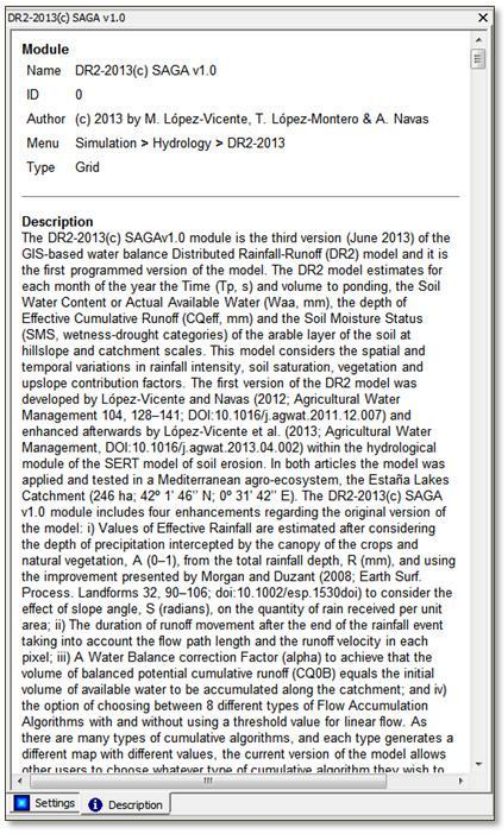
http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=5555

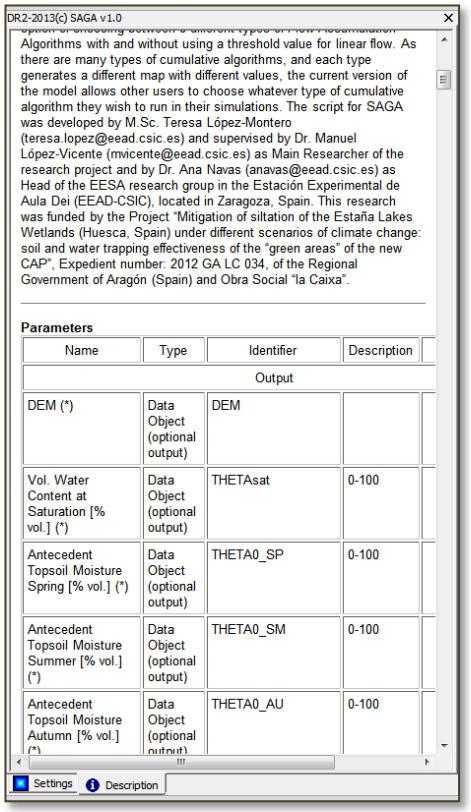
Una vez instalado, sólo será necesario volver a ejecutar la aplicación *SAGA© 2.0.8* y buscar de nuevo el archivo *DR2.dll* en la ruta en la que se hubiese guardado.

2. Breve manual de usuario y captura de pantallas del programa:

Una vez instalado el programa, y tras hacer clic en el icono *DR2-2013© SAGA v1.0* del desplegable de módulos del programa aparece la siguiente ventana inicial del programa:



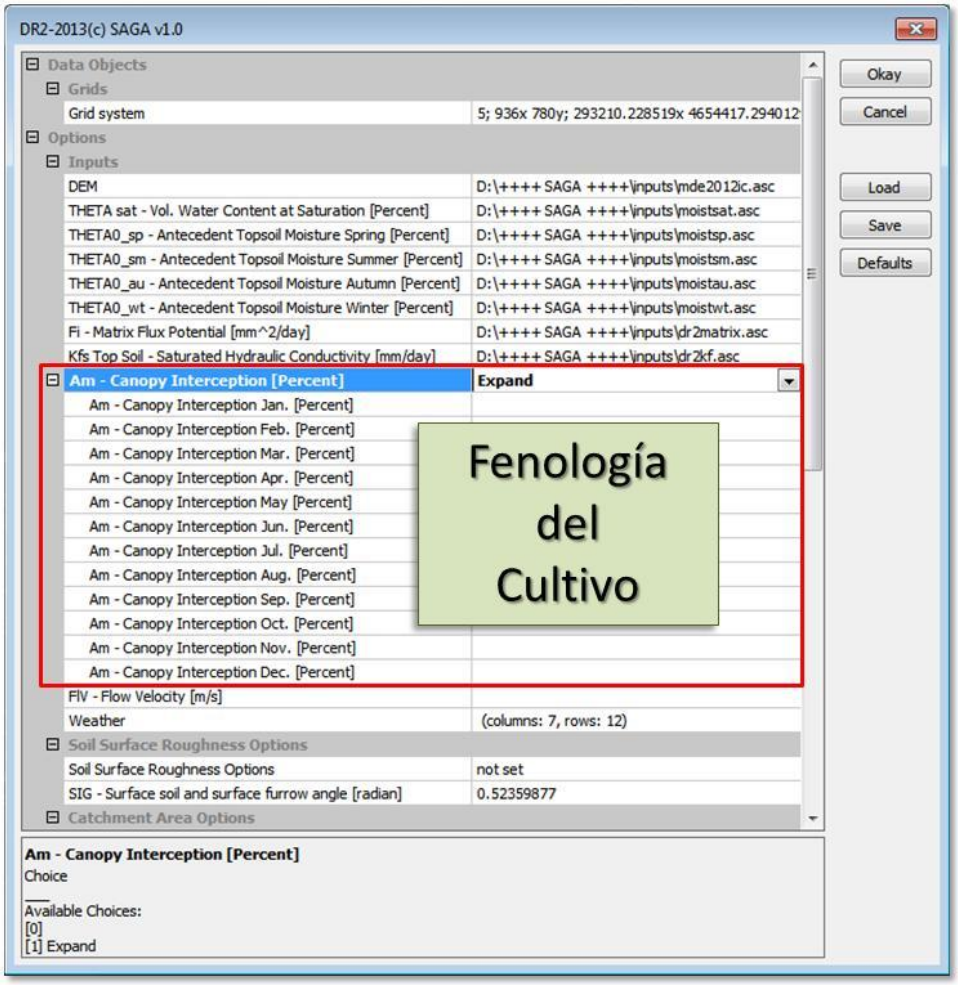




En primer lugar hay que definir la extensión y localización de la zona de estudio. Para ello se recomienda cargar el modelo digital de elevaciones de la zona, y seleccionar el *Grid system* correspondiente al mismo, tal y como aparece marcado en azul en la captura de pantalla de arriba.

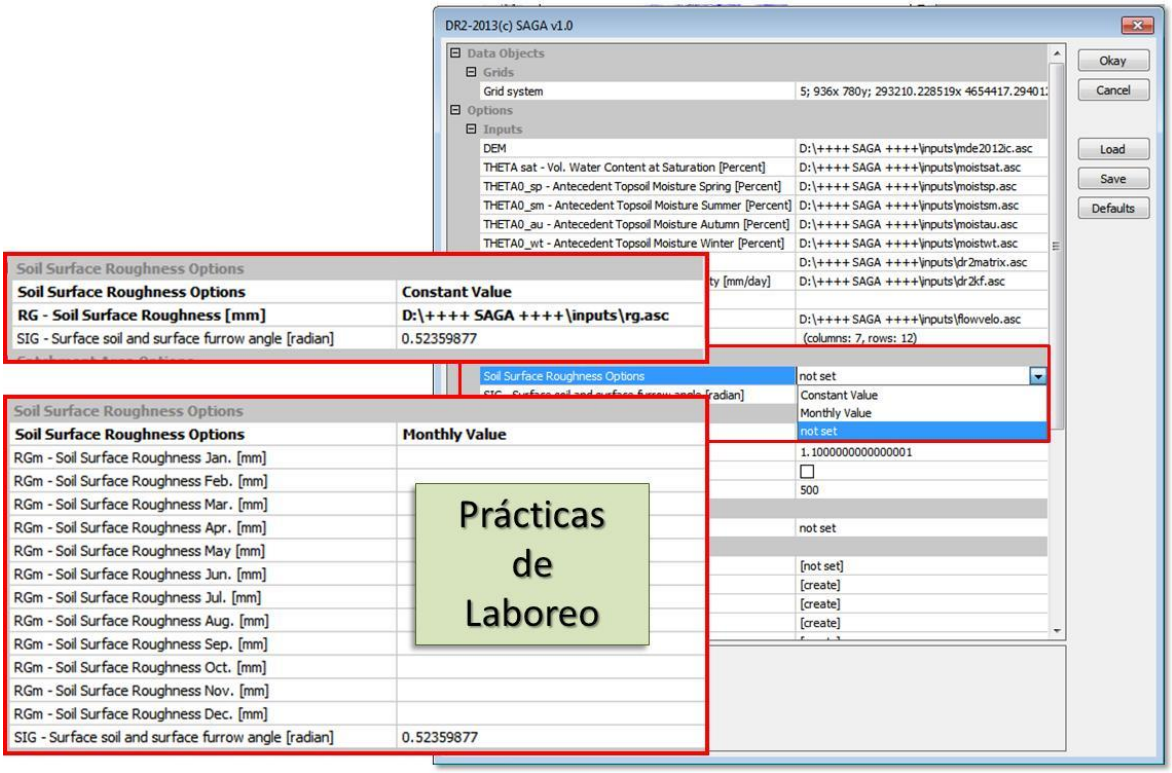
Nota importante: si el ordenador trabaja a 32 bits, existe una limitación de 2 Gb de tamaño máximo de datos que el programa *DR2-2013© SAGA v1.0* puede procesar, entendiendo como tamaño total de datos la suma de los correspondientes a todos los mapas y parámetros de los *inputs* y *outputs* del programa. Si el equipo trabaja a 64 bits, la limitación se establece en 4 Gb.

Los parámetros de entrada requeridos por el modelo y correspondientes a mapas de la zona de estudio se deben preparar en formato ***ascii*** (American Standard Code for Information Interchange) y son los siguientes: i) Modelo digital de elevaciones del terreno, ii) Humedad antecedente del suelo para las cuatro estaciones del año, iii) Contenido volumétrico de agua en el suelo a saturación, iv) Potencial del flujo mátrico del horizonte superior del suelo o del perfil arable, v) Conductividad hidráulica saturada del horizonte superior del suelo o del perfil arable, vi) porcentaje de intercepción de la lluvia por la vegetación para cada mes del año o promedio anual,



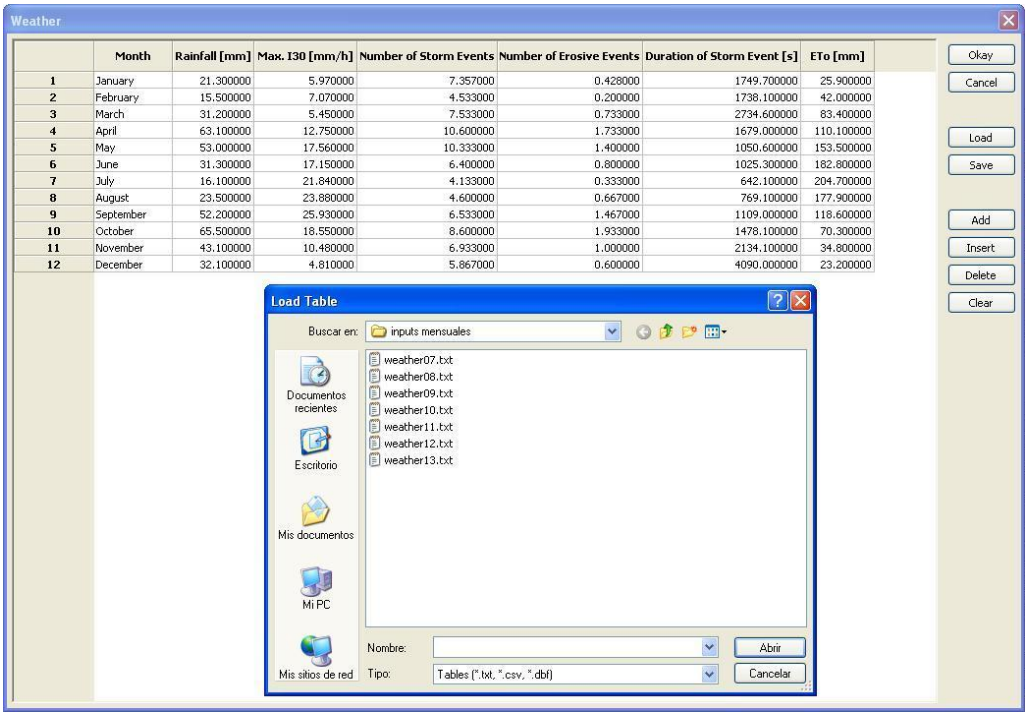
vii) mapa de la velocidad de la escorrentía en función de las cubiertas de vegetación y pendiente del terreno,

viii) mapa de la rugosidad o microtopografía del suelo, ix) evapotranspiración potencial mensual o anual

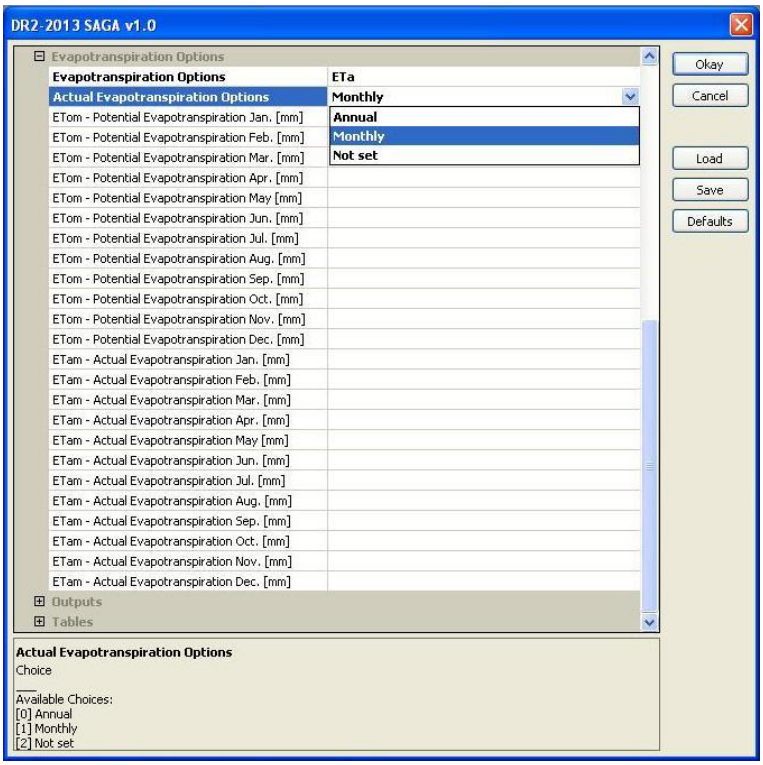


y x) evapotranspiración real mensual o anual.

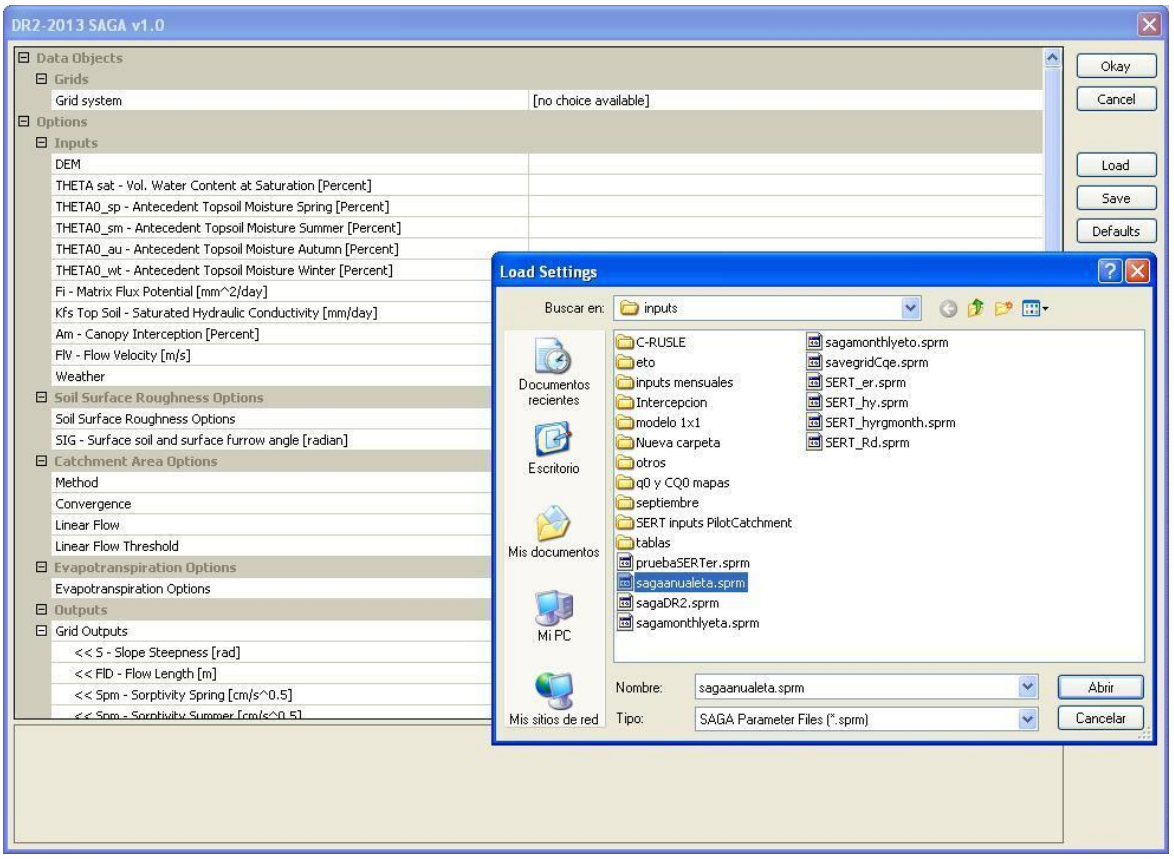
Los parámetros de entrada correspondientes a valores numéricos corresponden a variables climáticas, a escala temporal mensual y son los siguientes: i) precipitación total, ii) intensidad máxima de la precipitación (I_{30}), iii) número total de eventos de lluvia, iv) número total de eventos de lluvia erosiva, v) duración de los eventos de lluvia erosiva, y vi) evapotranspiración potencial:



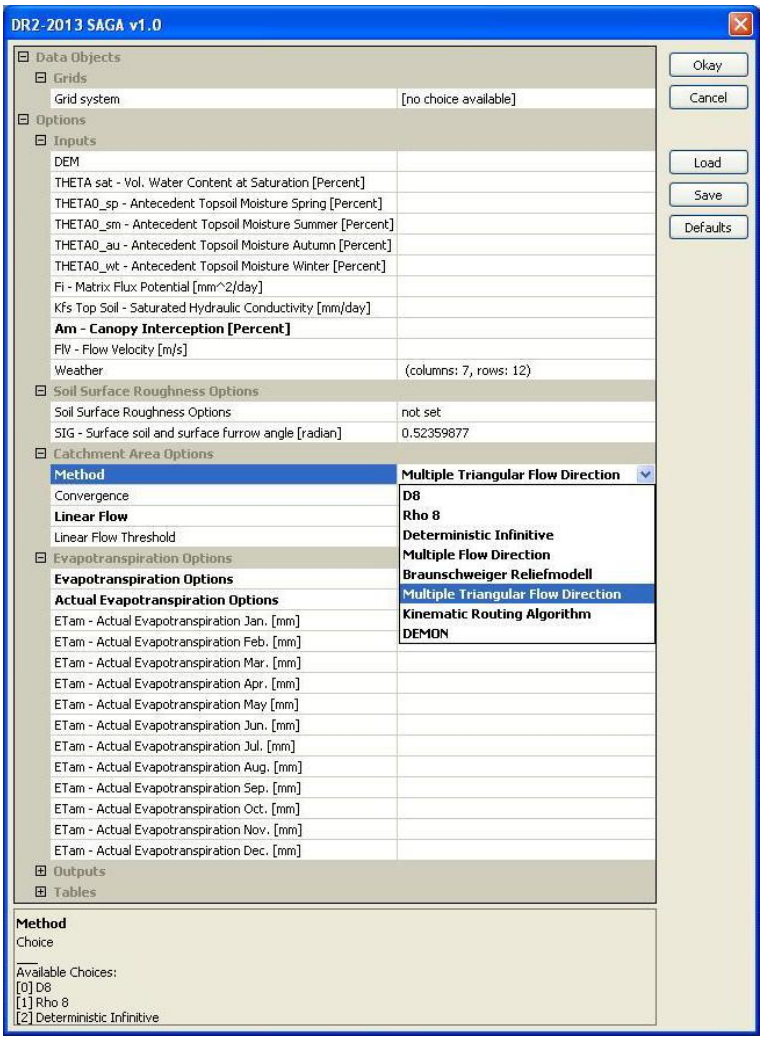
Como puede verse, los parámetros de evapotranspiración potencial y real se pueden introducir como valores numéricos, sin variaciones espaciales, o como mapas individuales, en los que se permite añadir y considerar en la simulación la variabilidad espacial de los mismos:



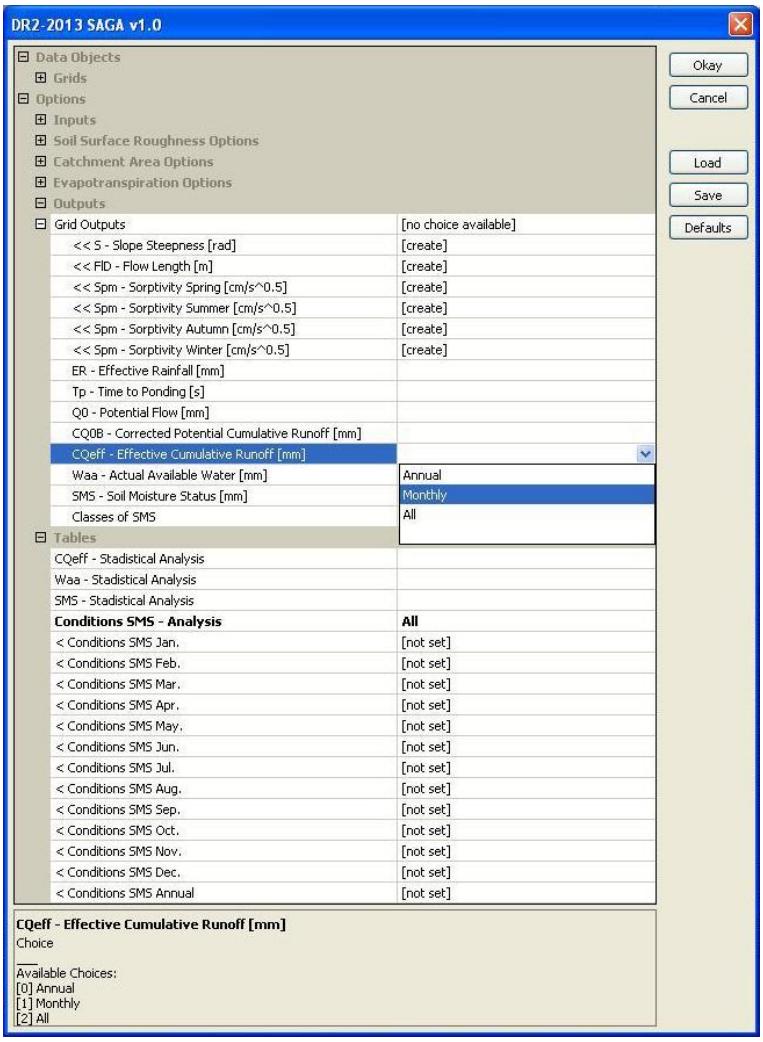
En aquellos casos en los que se vayan a realizar varias simulaciones en la misma zona de campo, se puede guardar la ruta de acceso de los *inputs* en un archivo que posteriormente se puede cargar, de tal modo que se facilita la aplicación del modelo en múltiples ocasiones y escenarios:



Uno vez cargados los mapas y datos de entrada, el usuario tiene que elegir las opciones de enrutamiento de la escorrentía. El programa ofrece 8 algoritmos diferentes de enrutamiento, y además se añade la opción de establecer un valor umbral para el inicio del flujo lineal en cada uno de estos algoritmos. La combinación de estas opciones da lugar a 15 posibilidades diferentes de enrutamiento. Además, el valor del umbral lo puede establecer el usuario en la cantidad que estime oportuna, por lo que se incrementa la versatilidad del modelo:



Los mapas resultantes de la aplicación del modelo son los siguientes: i) pendiente de la ladera, ii) longitud de las líneas de flujo, iii) sorptividad del suelo en las cuatro estaciones del año, iv) lluvia efectiva en cada mes del año, v) tiempo de saturación del horizonte superior del suelo en cada mes del año, vi) escorrentía generada por unidad de celda y mes, vii) escorrentía acumulada potencial mensual o máxima potencial mensual, viii) escorrentía acumulada efectiva en cada mes del año, ix) contenido real de agua en el suelo en cada mes del año y x) estado de humedad del suelo frente a los valores normales de referencia en cada mes del año, cualitativa y cuantitativamente. Por último, el programa *DR2-2013© SAGA v1.0* incluye un paquete de análisis estadístico (valores mínimo, máximo, promedio, varianza y desviación típica) sobre los parámetros de escorrentía efectiva, contenido de agua en el suelo y estado de humedad del suelo:

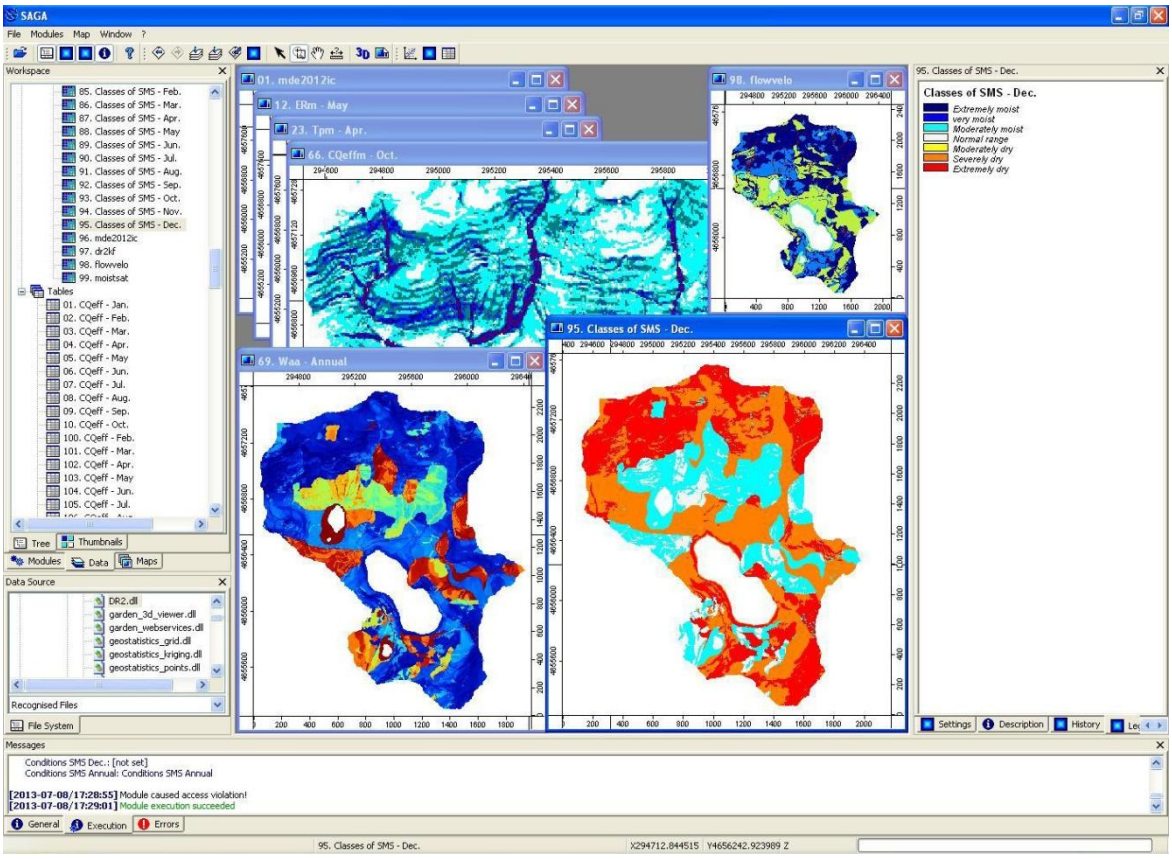


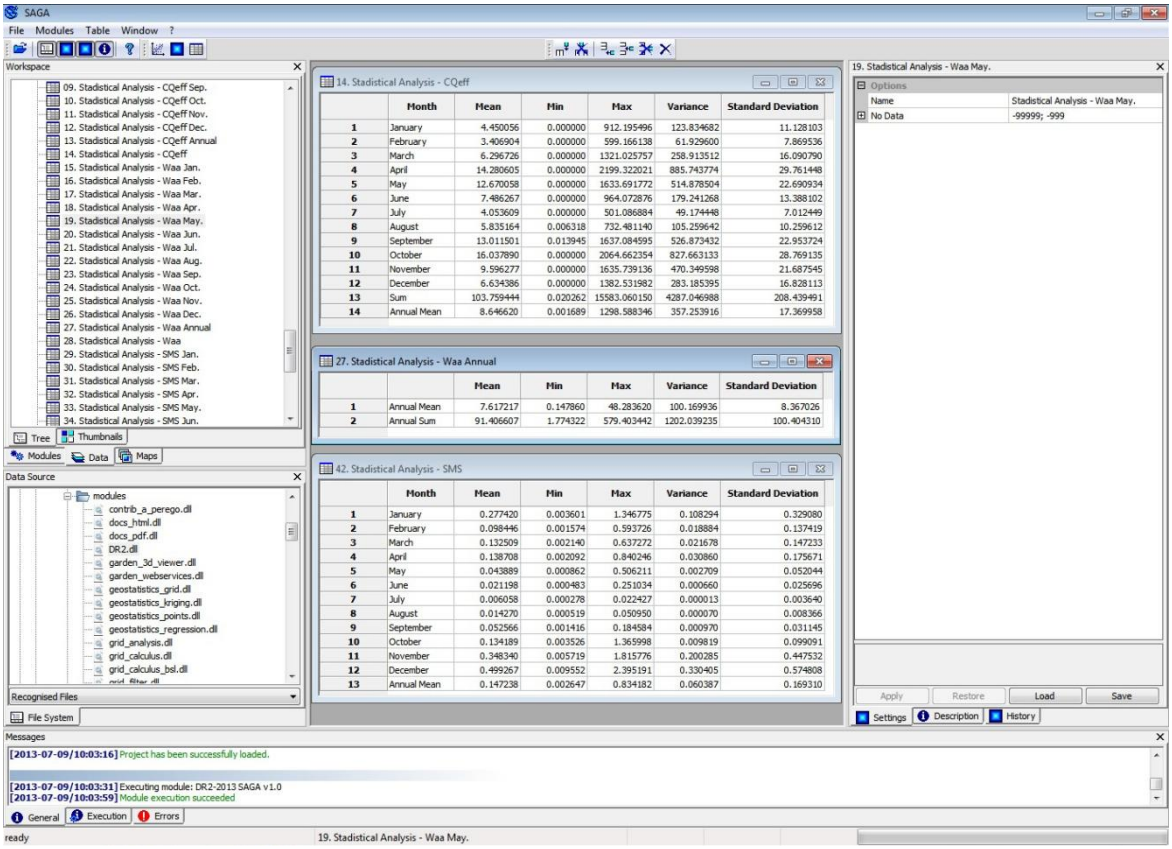
Para más información acerca del uso, manejo y aplicación del programa *DR2-2013© SAGA v1.0* se recomienda la lectura de los siguientes artículos:

- López-Vicente M, Navas A, Gaspar L, Machín J (2013) Impact of the new Common Agricultural Policy of the EU on the runoff production and soil moisture content in a Mediterranean agricultural system. *Environmental Earth Sciences*, **DOI**: 10.1007/s12665-013-2790-4 (http://hdl.handle.net/10261/82561)
- López-Vicente M, Navas A, Gaspar L, Machín J (2013) Advanced modelling of runoff and soil redistribution for agricultural systems: the SERT model. *Agricultural Water Management* **125**: 1-12 (http://hdl.handle.net/10261/75609)
- López-Vicente M, Navas A (2012) A new distributed rainfall-runoff model (DR2) based on soil saturation and runoff cumulative processes. *Agricultural Water Management* **104**: 128-141 (http://hdl.handle.net/10261/44176)

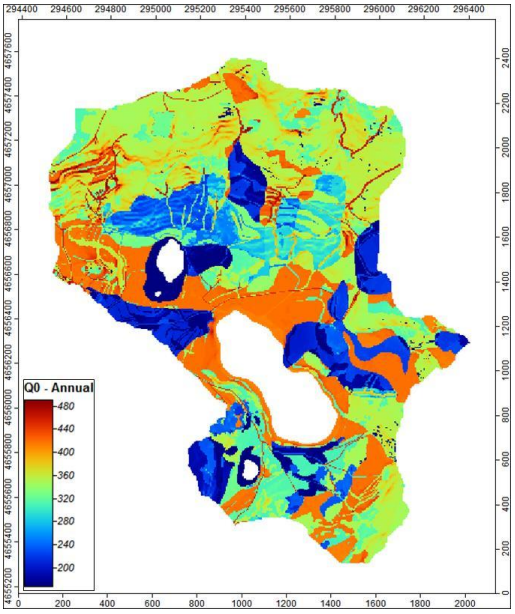
Se recomienda la consulta periódica de la página web de los creadores del programa dentro del repositorio **Digital-CSIC** (https://digital.csic.es/handle/10261/75). Las direcciones de correo electrónico de los creadores del programa son las siguientes: M. López-Vicente (EEAD-CSIC; mvicente@eead.csic.es; mlopezvicente@gmail.com), T. López-Montero (EEAD-CSIC; teresa.lopez@eead.csic.es; teresalm7@gmail.com) y A. Navas (EEAD-CSIC; anavas@eead.csic.es).

A continuación se muestra dos ejemplos del aspecto que ofrecen los mapas y las tablas generadas en un caso real, en la Cuenca hidrológica de las Lagunas de Estaña, en la provincia de Huesca:

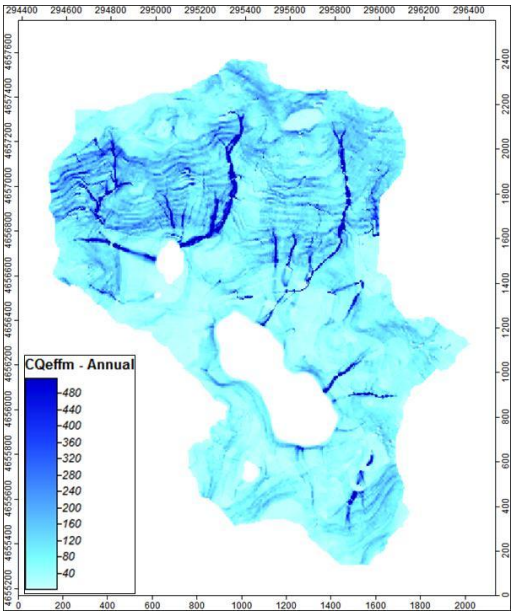




- Mapa resultante de la escorrentía generada por unidad de celda en un año (***Q_0***, mm):

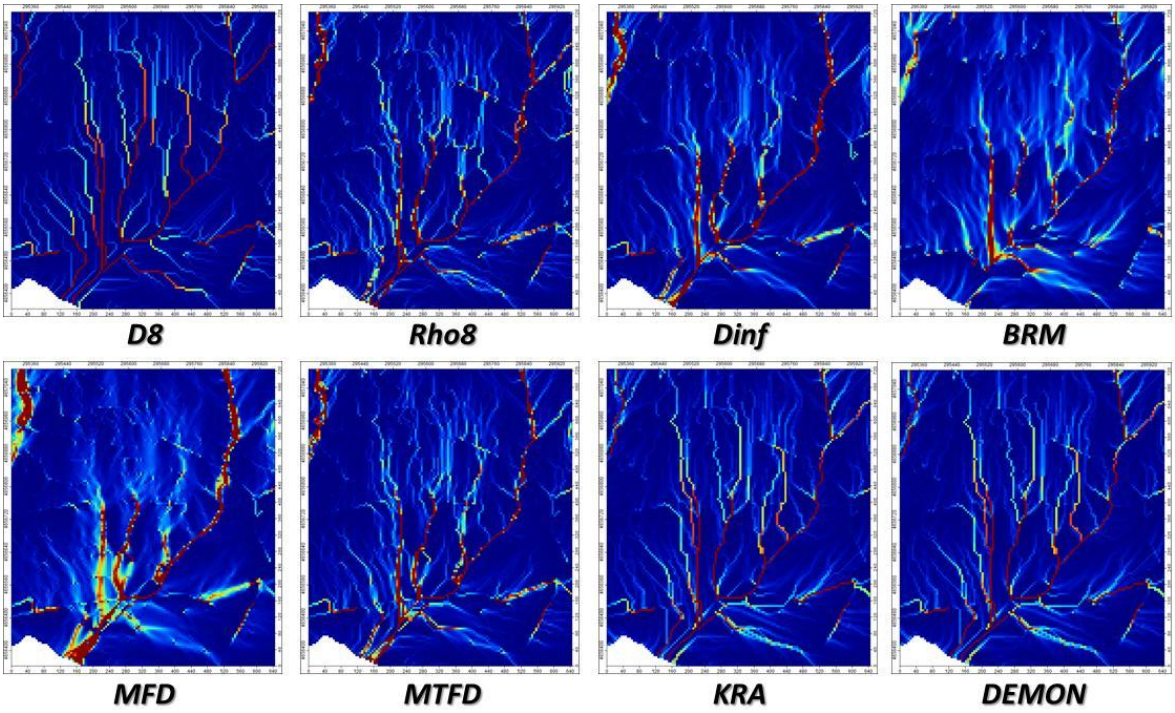


- Mapa de la escorrentía acumulada efectiva anual (***CQ_{eff}***, mm) (Multiple Flow Direction):

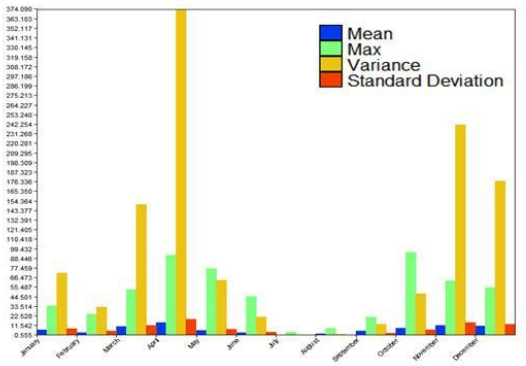


Month	Mean	Min	Max	Variance	Standard Deviation
January	4.450056	0.000000	912.195496	123.834682	11.128103
February	3.406904	0.000000	599.166138	61.929600	7.869536
March	6.296726	0.000000	1321.025757	258.913512	16.090790
April	14.280605	0.000000	2199.322021	885.743774	29.761448
May	12.670058	0.000000	1633.691772	514.878504	22.690934
June	7.486267	0.000000	964.072876	179.241268	13.388102
July	4.053609	0.000000	501.086884	49.174448	7.012449
August	5.835164	0.006318	732.481140	105.259642	10.259612
September	13.011501	0.013945	1637.084595	526.873432	22.953724
October	16.037890	0.000000	2064.662354	827.663133	28.769135
November	9.596277	0.000000	1635.739136	470.349598	21.687545
December	6.634386	0.000000	1382.531982	283.185395	16.828113
Sum	103.759444	0.020262	15583.060150	4287.046988	208.439491
Annual Mean	8.646620	0.001689	1298.588346	357.253916	17.369958

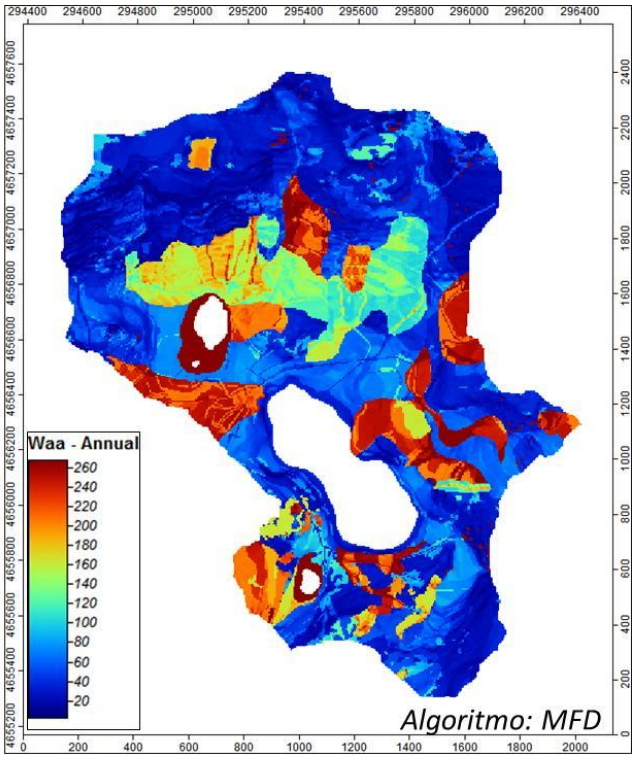
- Diferencias entre CQ_{0B} (mm) para los 8 algoritmos:



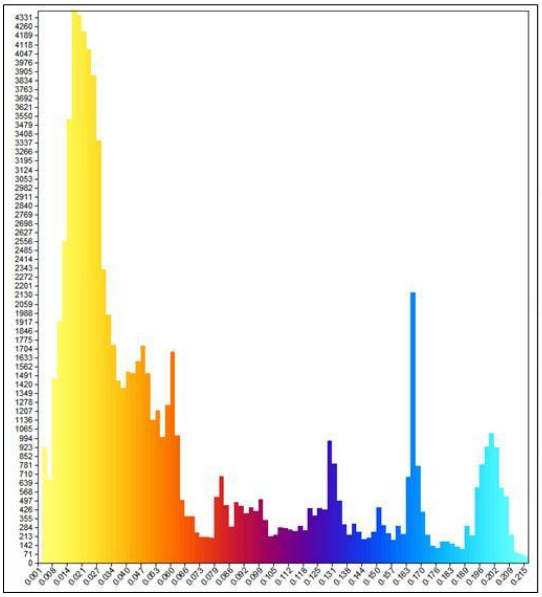
- Contenido real de agua en el suelo (W_{aa}, mm):

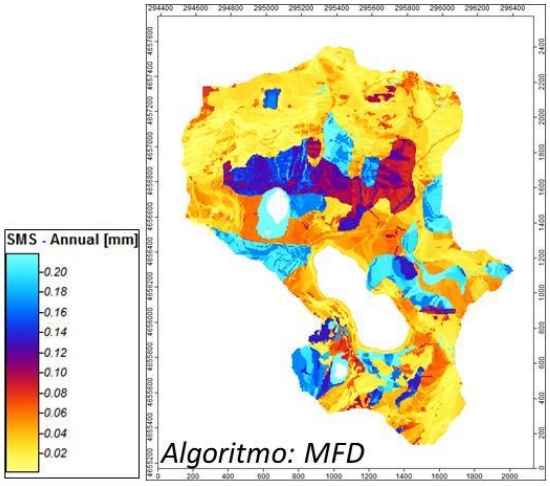


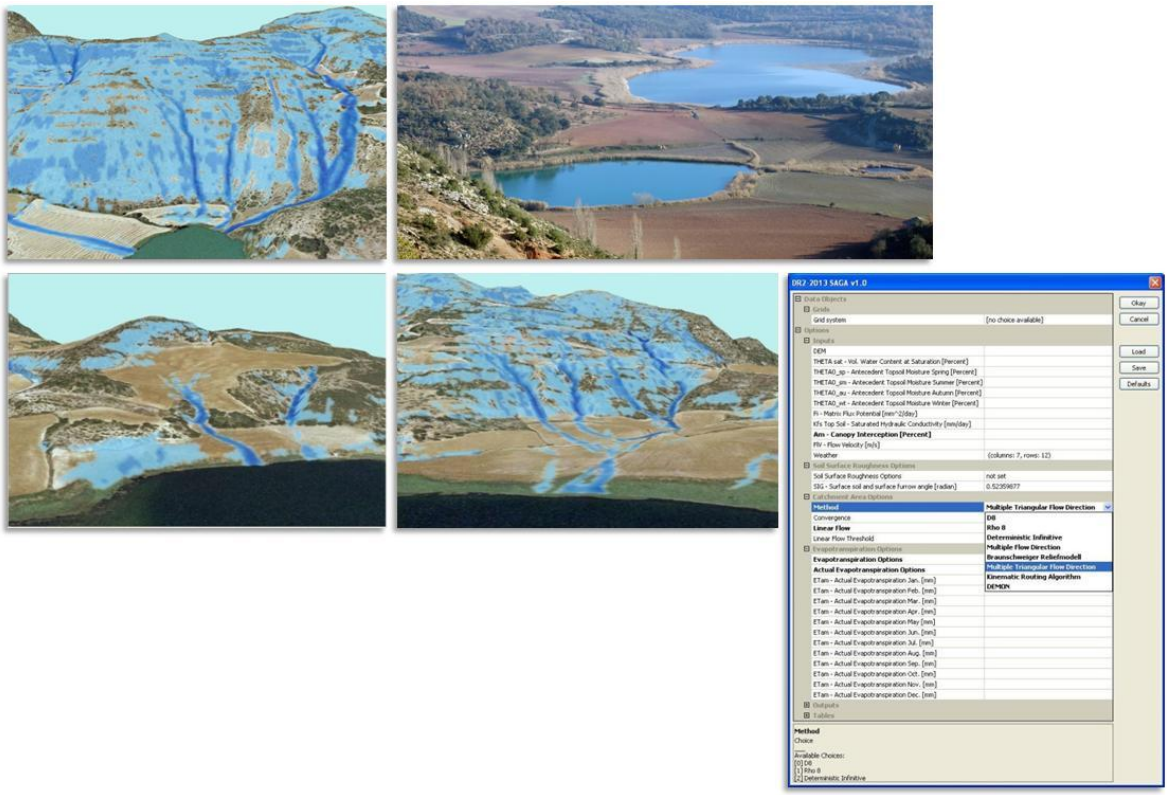
Month	Mean	Min	Max	Variance	Standard Deviation
January	7.185173	0.093265	34.881462	72.644369	8.523167
February	4.134714	0.066109	24.936481	33.311447	5.771607
March	11.051225	0.178471	53.148502	150.779437	12.279228
April	15.271733	0.230294	92.511047	374.089772	19.341400
May	6.736921	0.132361	77.703415	63.820386	7.988766
June	3.875041	0.088206	45.889000	22.063557	4.697186
July	1.240169	0.056845	4.590715	0.555281	0.745172
August	2.538576	0.092340	9.064081	2.214965	1.488276
September	6.234338	0.167964	21.891605	13.643938	3.693770
October	9.433478	0.247851	96.029694	48.526203	6.966075
November	12.122246	0.199006	63.189003	242.552931	15.574111
December	11.582993	0.221611	55.568436	177.836949	13.335552
Sum	91.406607	1.774322	579.403442	1202.039235	100.404310
Annual Mean	7.617217	0.147860	48.283620	100.169936	8.367026



- Estado de humedad del suelo frente a los valores normales de referencia (***SMS***):





Month	Mean	Min	Max	Variance	Standard Deviation
January	0.277420	0.003601	1.346775	0.108294	0.329080
February	0.098446	0.001574	0.593726	0.018884	0.137419
March	0.132509	0.002140	0.637272	0.021678	0.147233
April	0.138708	0.002092	0.840246	0.030860	0.175671
May	0.043889	0.000862	0.506211	0.002709	0.052044
June	0.021198	0.000483	0.251034	0.000660	0.025696
July	0.006058	0.000278	0.022427	0.000013	0.003640
August	0.014270	0.000519	0.050950	0.000070	0.008366
September	0.052566	0.001416	0.184584	0.000970	0.031145
October	0.134189	0.003526	1.365998	0.009819	0.099091
November	0.348340	0.005719	1.815776	0.200285	0.447532
December	0.499267	0.009552	2.395191	0.330405	0.574808
Annual Mean	0.147238	0.002647	0.834182	0.060387	0.169310

- Análisis de algoritmos y escenarios de escorrentía: